

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 046 444 A1

A 5

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.10.2000 Patentblatt 2000/43

(51) Int Cl. 7: B22D 17/00

(21) Anmeldenummer: 99107814.8

(22) Anmeldetag: 20.04.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

• Peleschka, Gerhart, Dr. Dipl.-Kfm.
63825 Westerngrund (DE)

(71) Anmelder: Ritter Aluminium Giesserei GmbH
73240 Wendlingen (DE)

(74) Vertreter: Müller-Wolff, Thomas, Dipl.-Ing. et al
HARWARDT NEUMANN,
Patent- und Rechtsanwälte,
Postfach 14 55
53704 Siegburg (DE)

(72) Erfinder:
• Sterling, Eugen, Dr.-Ing.
73728 Esslingen (DE)

(54) Druckgiessverfahren

(57) Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Al- und Mg-Legierungen beschrieben, bei dem das flüssige Material (13), das in die Gießkammer (3) eingefüllt wird, mittels des Gieß- (8) und Gegendruckkolbens (9) in eine zylindrische Form gebracht und in diesem Zustand bis zur hydrodynamischen Stabilisierung, dem Temperaturausgleich und der gleichmäßigen Druckverteilung belassen wird, bevor es in den Formhohlraum gedrückt wird. Nach der Materialbeschleunigung, die zu der Auffüllung der Druckgießkammer (5) führt, wird das kristallisierende Metall mit dem speziell dafür gebildeten Schmelzvolumen zugespeist und die Bildung des Gußstücks unter dem zusätzlichen, gezielten Verdichtungsdruck durchgesetzt. Dies ist nur durch die vorteilhafte Ausgestaltung der Gießkammer (3)

möglich, die in der T-Stück-Konfiguration besteht und nicht vor der Anschnüttmündung (4) endet, was die gegenüberliegende Anordnung des Gieß- und Gegendruckkolbens erlaubt, während der Verdichtungskolben (10) im senkrechten Kanal gelagert ist. Dabei sind die Stirnfläche von Gieß- und Gegendruckkolben so ausgeführt, daß sie konkave, ellipsoidförmige, und zwar seitenvertauschte Profile darstellen, die nach ihrer Kopplung die zylinderförmige Gestalt des kleinen Schmelzvolumens ergeben, mit dem das kristallisierende Metall zugespeist ist. Die Bildung des Gußstücks findet darüber hinaus aus der exogenen metallischen Suspension statt, deren ausgeprägte rheologischen Eigenschaften sich durch sowohl den Abkühlungseffekt als auch das Auftreten von elastischflüssigen Wellen entwickeln und erhalten werden.

EP 1 046 444 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Al- und Mg-Legierungen, bei dem in einer horizontalen Gießkammer, die mit einem Gießkolben ausgerüstet ist, von Anfang des Gießvorganges an ein Vakuum besteht und das in der Gießkammer eingebrachte Schmelzevolumen zum halberstarrten Zustand abgekühlt und mittels eines elektromagnetischen Feldes gerührt wird. Die metallische Suspension wird zum Einbringen in die Gießkavität beschleunigt und vor oder spätestens beim Erreichen der Anschnittsmündung der Druckgießform unter Druck gesetzt.

[0002] Grundsätzlich kann die Gießkammer horizontal oder vertikal angeordnet werden. Aus dieser Anordnung ergeben sich spezifische Vor- und Nachteile für den Gießprozeß, die sich aus dem jeweiligen charakteristischen Fluß der Schmelze von der Eingießöffnung zur Formkavität ableiten.

Ein Unterscheidungsmerkmal, das als typisch für das Druckgießverfahren mit der horizontalen Gießkammer angesehen werden kann, ist eine Bildung des hydrodynamisch instabilen Schmelzeflusses, der mit sehr hoher Geschwindigkeit die Druckgießform füllt. Der Füllvorgang kann dadurch oft eher als Spritzen denn als Fließen angesehen werden. Bedingt durch diese Art der Formfüllung werden Luft und oxidische Einschlüsse in das Gußstück eingebracht, die im weiteren Risse im Inneren des Gußteils sowie Blasen an der Oberfläche erzeugen. Daß eine solche Vorstellung richtig ist und eine ganz entscheidende Bedeutung für die Praxis hat, zeigt eine kurze Prozeßanalyse.

[0003] Wie praktisch immer der Fall, besetzt das Gießmetall nur einen Teil der horizontalen zylindrischen Gießkammer und bildet eine bewegliche nichtzylindrische geometrische Figur, deren eine Seitenfläche vom Gießkolben begrenzt bzw. geformt ist und die andere in der Strömungsrichtung als Freifläche bezeichnet werden kann, weil es keine geometrisch ausgeprägte Maßbegrenzung gibt. Eine Folgerung davon ist, daß die vorgegebene konstante hydromechanische Kraft, welche auf die instabile Kontaktfläche "Gießkolben - Schmelzeflut" einwirkt, sich auf keinen Fall gleichmäßig auf diese verteilt und dadurch eine Bewegung verursacht, die zum hydrodynamischen Stau vor der Anschnittsmündung führt und als Ausströmungsbehinderung wirkt. Der hydrodynamische Prozeß, der in diesem Verfahrensabschnitt nicht in einen stabilen Zustand gebracht wird, hat auf der nächsten Etappe keine Chance, eine solche Stabilität zu erreichen. Der aus dem Ausflußquerschnitt austretende wirbelartige Strahl zerstiebt noch mehr in der nächsten Arbeitsphase, während der die schon turbulente Flut mit der entsprechenden Druckkolbengeschwindigkeit an die Wand der beweglichen Formhälfte schlägt. Dabei tritt eine Erhöhung der Einstromungsgeschwindigkeit durch die Querschnittsverengung auf.

[0004] Aus der EP 0733421 A1, welche alle Merkmale

der Oberbegriffe der unabhängigen Ansprüche aufweist, ist bekannt, daß die laminare Einstromungsart bei der Auffüllung der Druckgießform mit der Schmelze dadurch erreicht wird, daß die Schmelze, deren Temperatur etwas höher als Liquidustemperatur ist, in der Gießkammer durch Abkühlung und danach Erwärmen in die metallische Suspension gebracht wird und dann in die Formkavität unter Druck eingepreßt wird.

[0005] Es versteht sich von selbst, daß für die Beibehaltung der bei Druckguß erforderlichen außerordentlich niedrigen (von 5...100 ms) Formfüllzeiten die Bedingungen für eine laminare Strömung nicht ausreichend sind, nicht einmal dann, wenn die Schmelze mit einer sehr dünnen Schicht in die Gießkammer fließt. Dies liegt daran, daß es keinen geschlossenen Raum gibt und keine Zeit vorgesehen ist, um die Schmelze (nach dem bekannten Verfahren) vor der Formauffüllung hydrodynamisch zu stabilisieren. Was die Einstromungsart betrifft bzw. irgendwelche Einwirkungen, die die turbulente Flut zu einer laminaren umgestalten könnten, gibt es solche erfundungsgemäß keine, sowie keine Hinweise, ob und wie in der Gießkammer ein Ausgleich der Strömungsgeschwindigkeit erfolgen könnte. Es herrscht also in der die Gießkammer entlang fließenden Strömung ein turbulenter Charakter, der im Bereich des Ambosses sich in einer Wirbelbildung und einem Metallstau äußert. Das Schmelzegut schlägt an die Wand der beweglichen Formhälfte auf (der dargestellten Anordnung entsprechend) und fließt in die Druckgießform als ein zerstiebter Freistrahl.

Eine Qualitätsverbesserung, die in höherem Maße von Nachverdichtung des schon kristallisierenden Gußstücks abhängt, ist nach der beschriebenen Anordnung auch nicht möglich. Alle aufgezählten Nachteile beschränken die praktische Verwendung des eingeführten Verfahrens, nach dem wesentlich verbesserte Endprodukte nicht hergestellt werden können.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Druckgießverfahren der im Oberbegriff des Hauptanspruches beschriebenen Art zu schaffen, bei welchem die Füllung der Druckgießform mit einer hydrodynamisch ausgeglichenen Schmelzeflut erfolgt und die Kristallisation des Gußstücks unter einem zusätzlichen Verdichtungsdruck bewirkt wird, ohne den Einstromungsstrahl zu zerstieben.

[0007] Erfundungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß aus der in die Gießkammer eintretenden Schmelze vor der Beschleunigung ein flüssiger Zylinder gestaltet wird und seine Gestalt bis zur hydrodynamischen Stabilisierung, dem Temperaturausgleich und der gleichmäßigen Druckverteilung im Vormaterial erhalten wird, wobei das kristallisierende Metall nach der Auffüllung der Druckgießform mit dem speziell dafür gebildeten Schmelzevolumen zugespeist und das Erstarren des Gußstücks unter dem zusätzlichen gezielten Verdichtungsdruck durchgeführt wird.

[0008] Um das Herstellungsverfahren auf solche Wei-

se zu verwirklichen, ist die Gießkammer erfindungsgemäß so ausgestaltet, daß sie mit dem Gegendruckkolben und dem Verdichtungskolben versehen, nicht vor Anschnittsmündung endet und gleichzeitig einen geometrisch beschränkten Raum darstellt. Dies ist durch besondere Ausführung der Gießkammer möglich geworden, die eine T-Stück-Konfiguration hat, in dem der Gießkolben und der Gegendruckkolben gegenüberliegend angeordnet sind, während der Verdichtungskolben im senkrechten Kanal gelagert ist.

[0009] Diese Kolbenanordnung ist von großer Bedeutung und determiniert die wichtigsten technologischen Verfahrensvorteile. Einer von ihnen besteht darin, daß die in der Gießkammer befindliche Schmelze in der durch Verschiebung des gegenüberliegenden Kolbens zuerst in die zylindrische Form gebracht wird, so daß eine nötige gleichmäßige Druckverteilung an der "Gießkolben-Schmelzeflut"-Kontaktfläche gesichert ist. Außerdem treten im zusammengedrückten zylinderförmigen Schmelzvolumen die elastisch-flüssigen Wellen ein, die die Bildung von globularen Primärkristallen schon in der Gießkammer stimulieren. Darüber hinaus ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, mit entsprechenden Vorrichtungen im geschlossenen Kammerraum statt einer instabilen Schmelzeflut eine mit ausgeprägt rheologischen Eigenschaften hydrodynamisch stabile metallische Suspension herzustellen. Die Entwicklung und Erhaltung des Rheoeffektes wird durch die Einführung eines metallischen Abkühlungspulvers erreicht.

[0010] Die Kristallisationsbedingungen, die in der Gießkammer entstehen, sind so, daß die Morphologie des Gefüges nicht hauptsächlich von der Wärmeableitung durch die Wände der Gießkammer abhängt, sondern von neuen festen, exogenen Kristallisationskeimen, die die Schmelze in einem kurzen Zeitabschnitt in den halberstarren Zustand bringen und eine Kristallisationsgeschwindigkeit sicherstellen, die zum gleichzeitigen und gleichmäßigen Auftreten von festen Phasen im ganzen Schmelzvolumen führen und für die Temperaturhomogenität der auftretenden metallischen Suspension sorgen.

[0011] Unter den unterschiedlichen Prozessen, welche von dem zunehmenden äußeren Druck im geschlossenen Schmelzvolumen beeinflußt werden, spielt seine Einwirkung auf die Entstehung von Mikroporosität im Gußstück eine außerordentlich wichtige Rolle, weil nämlich auf dieser Etappe die Basis für die Herstellung von porenfreien Gußteilen gelegt wird. Diese geht von der Vorstellung aus, daß Poren, die durch einen Keimbildungsprozeß entstehen, nur dann in der Schmelze stabil existieren, wenn die Differenz aus dem Gasdruck und dem Druck der Schmelze größer ist als der Kapillardruck aus der Oberflächenspannung der Schmelz. Daraus ergibt sich, daß - um die Keimbildung von Poren während der Erstarrung zu verhindern - es notwendig ist, den Schmelzedruck zu vergrößern, was genau nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in der

Gießkammer im komprimierten Materialvolumen stattfindet. Der in der metallischen Suspension auftretende Druck, der als Summe des vorhandenen hydromechanischen Drucks und des inneren hydrostatischen Drucks zu verstehen ist, macht eine Keimbildung von Poren nahezu unmöglich und schafft Kristallisationsbedingungen, die den Dichtewert des Endproduktes wesentlich steigern.

[0012] Im Fazit entwickeln sich im geschlossenen, zusammengedrückten Schmelzvolumen dank dem obengenannten Kolbeneinsatz und der speziellen Schmelzebehandlung gleichzeitig laufende Prozesse, welche durch die hydrodynamische Stabilisierung, die Temperaturausgleichung und die gleichmäßige Druckverteilung im ganzen zylindrischen Materialvolumen gekennzeichnet sind.

[0013] Eine Materialbeschleunigung, die dieser Stabilisierungsetappe nachfolgt, wird erfindungsgemäß aber nicht vom hydromechanischen Druck des Gießkolbens beeinflußt, sondern sie kommt aus dem hydrodynamischen Gegendruck, der durch die Teilnahme des Gegendruckkolbens bewirkt wird. Das steht im Zusammenhang mit der vorteilhaften Ausgestaltung der Gießkammer und ist ein Ergebnis des Rückzugs des Gegendruckkolbens bis zum Anschnitt bzw. bis zu der Position, an der die Anschnittsmündung freigelassen ist. Wegen einer schnellen Kolbenverschiebung entsteht auf der freien Kontaktfläche des flüssigen Zylinders ein Druckabfall und die Schmelze ist bestrebt, einen freigesetzten Kammerraum zu besetzen. Die schon räumlich temperaturausgeglichene und hydrodynamisch stabilisierte Schmelze wird mit dem Gegendruckkolben in der Anschnittrichtung fortgezogen. Dabei unterscheidet sich eine solche frontale Versetzung nach einer Einströmungsart, welche bei der Mündungsauffüllung als laminaire bezeichnet werden kann. Dabei erfüllt diese Etappe eine ganz wichtige Rolle, um die Gießgänge mit dem wirbelfreien Schmelzestrahl zu füllen.

[0014] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht auch darin, daß die gegenüberliegende Fläche bzw. Stirnfläche von Gieß- und Gegendruckkolben so ausgeführt sind, daß sie konkav, ellipsoidförmige, und zwar Seitenvertauschte Profile darstellen. Auf diese Weise gestalten solche Profile im Zwischenraum nicht einen Zylinder mit ebener Basis, sondern einen, dessen Basis jeweils zwei Kugelabschnitte bilden. Weil diese Gestaltabweichung weder einen Einfluß auf den Schmelztransport der Gießkammer entlang noch auf die Strahlbildung bei der Auffüllung der Druckkammer ausübt, wurde im weiteren angenommen, die Gestalt des zusammengedrückten Schmelzvolumens als Zylinder bzw. als zylinderförmiges Volumen zu bezeichnen.

[0015] Gleichzeitig schafft aber die besondere Kolbenausführung weitere technologische Vorteile. Die kurzzitige Druckreduzierung - wegen des Rückzuges vom Gegendruckkolben - wird mittels der Gießkolbenvorschiebung auf einer weiteren Etappe nivelliert

und die Druckgießform wird schon mit den nächsten Schmelzeportionen unter dem hydromechanischen Druck durch die Gießkolbenbeschleunigung aufgefüllt. Der Kolbenweg endet im Mündungsbereich mit einer Kolbenkopplung, nach der - durch die vorteilhafte Ausgestaltung - im Zwischenraum ein kleines zylinderförmiges Schmelzevolumen auftritt, das unter der Anschnittsmündung und oberhalb des Verdichtungskolbens angeordnet ist, sich im zusammengedrückten Zustand befindet und eine gemeinsame Achse mit der Mündung und dem Verdichtungskolben hat. Hierdurch wird in der Nähe der Druckgießform bzw. dem Mündungsanschnitt ein zusätzliches Schmelzevolumen ausgebildet, mit dem das schon kristallisierende Gußstück noch vor seinem letztendlichen Erstarren zugespeist wird.

[0016] Auf solche Weise wird das schon genannte Schmelzevolumen nicht nur über die Mündung eingepräßt, sondern es findet zusätzlich ein gezieltes Verpressen des kristallisierenden Gußstücks mittels des Verdichtungskolbens statt. Um die geschilderten technologischen Operationen zu realisieren, ist der Verdichtungskolben in den senkrechten Teil der T-Konfiguration-Gießkammer so eingebaut, daß er eine senkrechte Verschiebung in die Richtung Mündungsbereich durchsetzen kann. Das zwischen den Gieß- und Gegendruckkolben geformte Schmelzevolumen wird aufgrund dieser Anordnung durch die Beschleunigung des Verdichtungskolbens in die Druckgießform mit der entsprechenden hydromechanischen Kraft gepreßt. Eine dafür obligatorische konstruktive Bedingung ist, daß der Durchmesser der Stirnfläche des Verdichtungskolbens dem inneren Durchmesser der zylindrischen, von Gieß- und Gegendruckkolben geformten Kontur entsprechen muß. Dadurch wird nicht nur Einströmungszerstieben vermieden, was zu unerlässlichen Bedingungen des herkömmlichen Verfahrens bei der Auffüllung der Druckgießform gehört, sondern es wird sowohl ein Metallverlust herabgesetzt, weil kein Metallrest in der Anschnittsmündung entsteht, als auch eine gezielte Nachverdichtung des erstarrenden Gußstücks durchgeführt.

[0017] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der VACU-RAL-Druckgießmaschine, in T-Konfiguration ausgerüstet, mit Gießkammer, Gieß-, Gegendruck- und Verdichtungskolben.
- Fig. 2 die Kolbenposition bei der Füllung der Gießkammer mit der Schmelze.
- Fig. 3 die Kolbenposition, bei der die Schmelze in eine zylindrische Form und einen zusammengedrückten Zustand gebracht ist.
- Fig. 4 die Kolbenposition, bei der die entstehende

metallische Suspension unter dem hydrodynamischen Druck in die Druckgießform einströmt.

- 5 • Fig. 5 die Kolbenposition, bei der unter der Mündung ein "Speicher" angelegt wird.
- 10 • Fig. 6 die Kolbenposition, bei der die Zuspeisung und die Verdichtung des kristallisierenden Gußstücks durchgeführt werden.
- Fig. 7 einen Schnitt durch den gefüllten Formhohlräum nach Abschluß des Füllvorgangs.

[0018] Auf der in Fig. 1 schematisch gezeigten Druckgießmaschine ist ein Schmelzbehälter (1) vorgesehen, der mittels eines Saugrohres (2) mit einer T-Konfiguration-Gießkammer (3) verbunden ist (im weiteren: Gießkammer). Durch eine Mündung (4) steht diese mit einer Druckgießkammer (5) in Verbindung, die zwischen einer beweglichen (6) und einer festen (7) Formhälfte liegt. In den horizontalen Zweigen der Gießkammer (3) sind Gießkolben (8) und Gegendruckkolben (9), während im senkreten Kanal ein Verdichtungskolben (10) gelagert ist. Das Saugrohr (2) und die Gießkammer (3) sind mit einer Pulverdosiervorrichtung (11) und einer elektromagnetischen Rührreinrichtung (12) ausgerüstet, wobei die Letztgenannte um die Gießkammer (3) ringförmig angeordnet ist.

[0019] Eine praktische Verwendung der Erfindung wird mit der zeichnerischen Darstellung in Fig. 1 - Fig 7 geklärt. Die Schmelze (13) bzw. ein vorgegebenes Schmelzevolumen gelangt aus dem Schmelzbehälter (1) mittels des Saugrohres (2) in die T-Konfiguration-Gießkammer (3). Das geschmolzene Material wird dabei mit einem kühlenden Pulver im Saugrohr (2) vermischt; dies erfolgt durch die Pulverdosiervorrichtung (11) (Fig. 2). Das eingeführte Pulver ruft einen Abkühlungseffekt hervor, wodurch nicht nur die Überhitzungs-temperatur abgesenkt wird, sondern es entstehen in der Schmelze Unterkühlungsbereiche, von deren Besonderheiten der Kristallisationsprozeß und letztendlich die Ausbildung des Gußstücks bestimmt werden. Die abgekühlte Schmelze gelangt in die Gießkammer (3) vor dem Gießkolben (8), der eine Position P8-1 besetzt, und fängt schon nach kurzer Zeit an, Primärkristalle zu produzieren, die eine vorzugsweise runde Gestalt haben. Vor dem Schmelzeintritt ändert sich aber die Positionierung des Gegendruckkolbens (9). Mit einer, die Gießkammer (3) entlang vorgesehenen Verschiebung läßt der seine Ausgangsposition P9-1 hinter sich, um die Position P9-2 zu besetzen. Hierdurch bildet sich in der Gießkammer (3) ein geometrisch begrenzter Raum, in dem sich druckkolben befindet und nicht in Berührung mit der Anschnittsmündung (4) kommt. Die Schmelze, die beim herkömmlichen Verfahren in die Gießkammer (3) eintritt, ist durch eine stark ausgeprägte hydrodynamische Instabilität gekennzeichnet, welche sich während des Druckanstiegs mehrfach ent-

wickelt. Erfindungsgemäß wird durch die nachfolgende Verschiebung des Gießkolbens (8) nicht nur eine allgemeine Stabilisierung erreicht, sondern auch in einem gewissen Grad eine Temperaturhomogenität im Schmelzvolumen. Der Gießkolben (8) bewegt sich nach vorn bzw. dem Gegendruckkolben (9) entgegen und besetzt eine Position P 8-2, wirkt auf die instabile Zerschmolzene Flut mit einer konstanten Antriebskraft, schiebt sie vor sich und zwingt die Schmelze (Fig. 3) hiermit

- eine zylindrische Form anzunehmen
- sich hydrodynamisch zu richten bzw. hydrodynamisch zu stabilisieren und demgemäß
- in der hydrodynamisch stabilen Flut schon auf dieser Etappe durch den zunehmenden Druck die Kristallisationsprozesse zu aktivieren.

[0020] Es handelt sich dabei um das Eintreten von elastisch-flüssigen Wellen im zusammengedrückten Schmelzvolumen. Ein Phänomen davon ist das Entstehen des zeichenvariablen Druckes in der Schmelze, der zur Erhöhung der Dichte- und Energiefluktuation führt und dadurch die Kristallisationsentwicklung stimuliert. Es setzt jedoch voraus, in der Gießkammer (3) den fest-flüssigen Schmelzezylinder zu bilden und eine homogene Druckverteilung zu erzielen. Ein solches Ergebnis ist von sehr großer Bedeutung, weil es eine Folgerung von der Übereinstimmung von Kontaktflächen auf der Grenze zwischen dem flüssigen Zylinder und Gießkolben (8) gewesen ist, so daß eine gewissermaßen homogene Druckverteilung im Materialvolumen sichergestellt werden kann.

[0021] Die Aufrechterhaltung des erreichten Temperaturausgleichs erfolgt mittels elektromagnetischen Röhrens, wofür die Röhreinrichtung (12) um die Gießkammer (3) ringförmig angeordnet ist. Dadurch entsteht eine erzwungene Kreisbewegung der schon mit dem kühlenden Pulver abgekühlten Schmelze, die zum Temperaturausgleich im zylindrischen Materialvolumen führt und zur Entwicklung von Kristallisationsbedingungen für runde (globularische) Kristalle beitragen. In der nächsten Verfahrensetappe erfolgt der Rückzug des Gegendruckkolbens aus der Position P9-2 auf der Ausgangsposition P9-1. Dadurch wird die Anschnittsmündung (4) geöffnet (Fig. 4), wobei nach dem Abstoppen sein konkaves ellipsoidförmiges Profil das Mündungsprofil fortsetzt. Wegen einer schnellen Verschiebung entsteht auf der freien Oberfläche des flüssigen Zylinders ein Druckabfall und die zusammengedrückte rotierende metallische Suspension strebt in dieser Richtung, und zwar nur unter hydrodynamischem Druck. Die schon temperaturausgeglichenen und hydrodynamisch stabilisierte Suspension besetzt den freien Kamerraum und wird mit dem Gegendruckkolben (9) zur Anschnittsmündung (4) fortgezogen. Unterscheidungs-

merkmal dieser Arbeitsetappe besteht darin, daß

- im axial verschobenen Material in jedem/r Punkt/Schicht homogene Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse herrschen.
- die hydrodynamisch stabilisierte Strömung die Anschnittsmündung (4) erreicht, ohne einen Aufschlag eines stationären Freistrahls an eine senkrechte Wand der beweglichen Formhälfte hervorzurufen bzw. ohne daß der Strahl zerstiebt.
- der Gießgang ebenso wie die Mündung laminar mit der Metallströmung aufgefüllt werden.

[0022] Die kurzzeitige Druckreduzierung - wegen des Rückzuges vom Kolben (9) - wird mittels der Gießkolbenverschiebung auf der nächsten Etappe ausgeglichen (Fig. 5), welche gleichzeitig mit dem Erreichen des Gegendruckkolbens der Position P9-1 anfängt. Der Kolbengang ist dabei die Positionsänderung von P8-2 nach P8-3 und endet vor der Anschnittsmündung (4) nach seiner Kopplung mit dem Gegendruckkolben (9). Die metallische Suspension, die schon den Gießgang und die Mündung auffüllt, wird durch hydromechanische Kolbeneinwirkung in die Druckgießkammer (5) hinausgedrückt und füllt die Kavität laminar. Da die Stirnfläche des Gießkolbens (8) genauso wie der Gegendruckkolben (9) das konkav, ellipsoidförmige Profil hat, bildet sich im Zwischenraum ein kleiner, zylindrischer Materialbereich aus, der sich direkt unter der Anschnittsmündung (4) und oberhalb des Verdichtungskolbens (10) in einem elasto-plastischen Zustand befindet und eine mit ihnen gemeinsame senkrechte Achse hat. Dieser "Speicher" dient dazu, das schon kristallisierende Gußstück nachspeisen zu können.

Die letzte Arbeitsetappe, die als das Nachverdichten des Endproduktes bezeichnet werden kann, wird mittels der senkrechten Verschiebung des Verdichtungskolbens (10) nach der Mündungsrichtung durchgeführt und damit der Druckgießvorgang abgeschlossen. Der Verdichtungskolben verläßt seine Ausgangsposition P10-1 und verdrängt damit die zylindrische Metallportion über die Mündung (4), bis die neue Position P10-2 erreicht wird (Fig. 6). Dadurch wird eine Zuspeisung des schon kristallisierenden Gußstücks durchgesetzt sowie durch die in der Mündung befindliche Stirnfläche des Verdichtungskolbens das halberstarre Gußstück vorgepreßt. In der Fig. 7 ist eine wichtige erfindungsgemäß Ausgestaltung des Deformationsbereiches der Metalleinströmung dargestellt (\varnothing_M - Durchmesser des zylindrischen Schmelzvolumens, \varnothing_k -Durchmesser des Konturs). Seine konturgeschlossene Ausführung gestaltet nicht nur die wirbelfreie Druckgießformauffüllung, die Zuspeisung und das Nachverdichten des Endproduktes, sondern sie schafft die Möglichkeit, den Metallverlust (Verkleinerung des Preßrestes) beträchtlich zu verringern.

[0023] Erste Versuche mit erfindungsgemäßen Verfahren haben anschaulich gezeigt:

- Mit der räumlich beschränkten Gießkammer, die T-Stück-Konfiguration hat, und dem konturgeschlossenen Deformationsherd für Metalleinströmung erhöht sich die Funktionsfähigkeit des gesamten Druckvorgangs beträchtlich.
- Im Gußstück dominiert ein homogenes feinzelliges Gefüge.
- Die Entwicklung von typischen Gußfehlern wie verteilte Schrumpfungsporen, Lunker und undichtes Gefüge wird durch die Zuspeisung und das Nachverdichten des kristallisierenden Gußstücks behindert. Der Dichteindex der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Gußstücke erhöht sich auf das Fünffache.

Patentansprüche

1. Druckgießverfahren zur Herstellung von Gußstücken mit einer horizontalen Gießkammer und einem Gießkolben, bei dem von Anfang an das Vakuum angelegt wird, das flüssige Material vor dem Einbringen in die Form beschleunigt und das vor oder spätestens beim Erreichen der Anschnittröhrung der Form unter Druck gesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das flüssige Material vor der Beschleunigung in die zylindrische Form gebracht wird, welche bis zur hydrodynamischen Stabilisierung, dem Temperaturausgleich und der gleichmäßigen Druckverteilung im zylindrischen Materialvolumen bleibt, wobei das kristallisierende Metall nach der Auffüllung der Druckgießform mit dem speziell dafür gebildeten Schmelzevolumen zugespeist und die Bildung des Gußstücks unter dem zusätzlichen, gezielten Verdichtungsdruck durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießkammer mit dem Gegendruckkolben und dem Verdichtungskolben versehen wird, um das flüssige Material in die zylindrische Form zu bringen, dieses die Gießkammer entlang zu beschleunigen und das kristallisierende Metall in der Druckform zum Gußstück zu verdichten.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gießkammer in der T-Stück-Konfiguration besteht und nicht vor der Anschnittröhrung endet, wobei der Gießkolben und der Gegendruckkolben gegenüberliegend angeordnet sind, während der

Verdichtungskolben im senkrechten Kanal gelagert ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stirnfläche von Gieß- und Gegendruckkolben so ausgeführt ist, daß sie konkav, ellipsoidförmige, und zwar seitenverkehrte Profile darstellen.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das flüssige Material, das vor der Beschleunigung in die zylindrische Form gebracht wird, es sich im zusammengedrückten Zustand zwischen dem Gieß- und Gegendruckkolben befindet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrodynamische Stabilisierung und der Temperaturausgleich des zylindrischen Schmelzevolumens bzw. der in der Gießkammer aufgebauten metallischen Suspension mittels der Einführung eines kühlenden Pulvers in das geschmolzene Material aktiviert und aufrechterhalten wird, wofür die entsprechende Vorrichtung vorgesehen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialbeschleunigung in die Richtung des Druckabfalls im Bereich zwischen der Gegendruckkolbenfläche und der freien Fläche des flüssigen Zylinders nach dem schnellen Rückzug des Gegendruckkolbens bis zur Anschnittröhrung beginnt, wobei nach dem Abstoppen sein konkav, ellipsoidförmiges Profil das Mündungsprofil fortsetzt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf die schon beschleunigte und nur unter hydrodynamischem Druck stehende Schmelze in der Druckgießform mit dem hydromechanischen Druck mittels der Gießkolbenverschiebung eingewirkt wird, die nach seiner Kopplung mit dem Gegendruckkolben und der gleichzeitigen Bildung des kleinen, zylindrischförmigen Schmelzevolumens im Zwischenraum vollendet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das eingangs erwähnte Schmelzevolumen unter der Anschnittröhrung angeordnet ist, die ine mit der Mündung gemeinsam Achs hat und sich in

zusammengedrücktem Zustand befindet.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß
das genannte Schmelzvolumen mittels des Ver-
dichtungskolbens in die Druckgießkammer über die
Mündung eingepreßt wird, sowie das halberstarre
Gußstück durch die in der Mündung befindliche
Stirnfläche des Verdichtungskolbens vorgepreßt
wird, wobei Mündungs- und Verdichtungskolben in
einer Achse liegen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

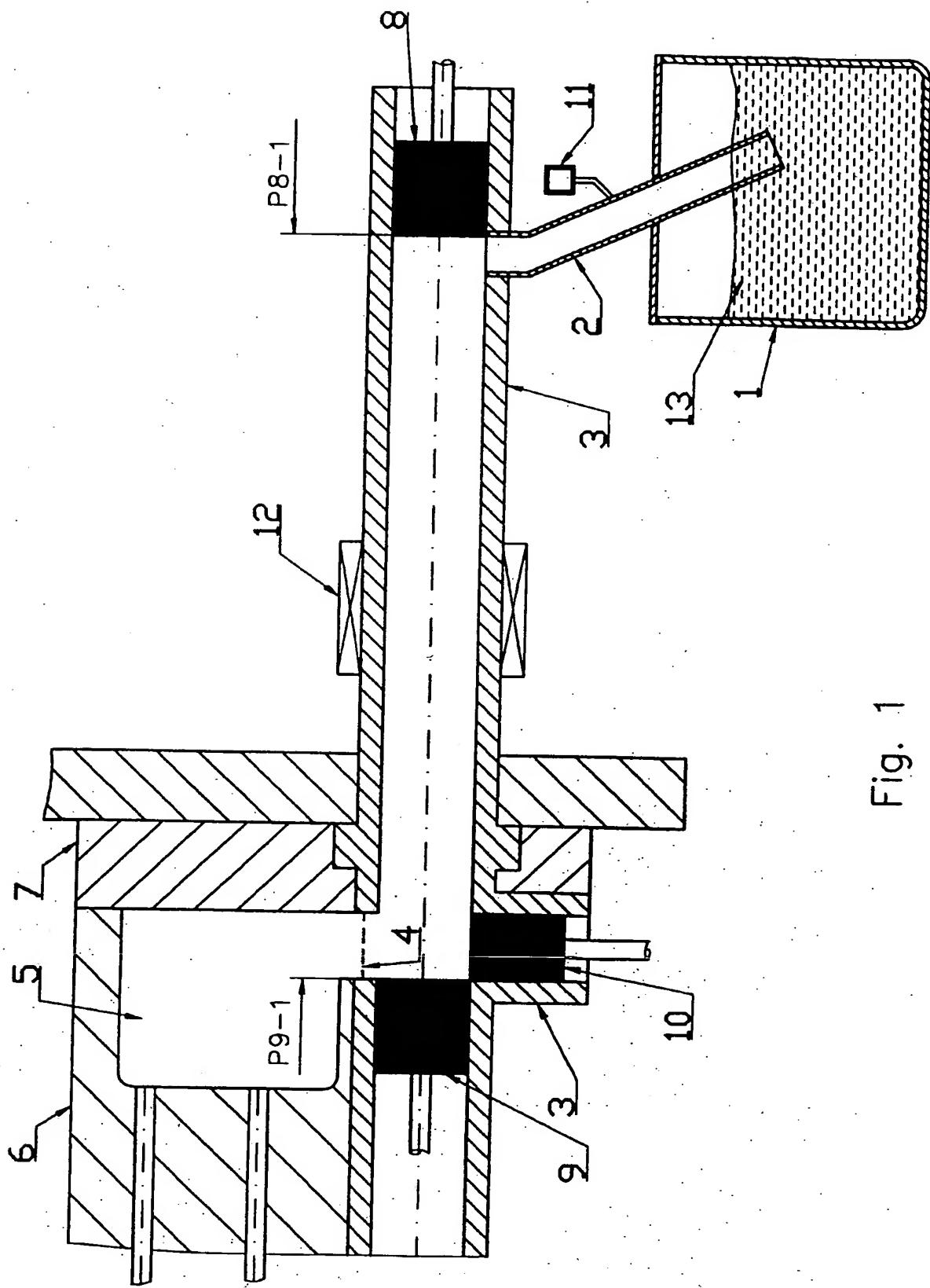


Fig. 1

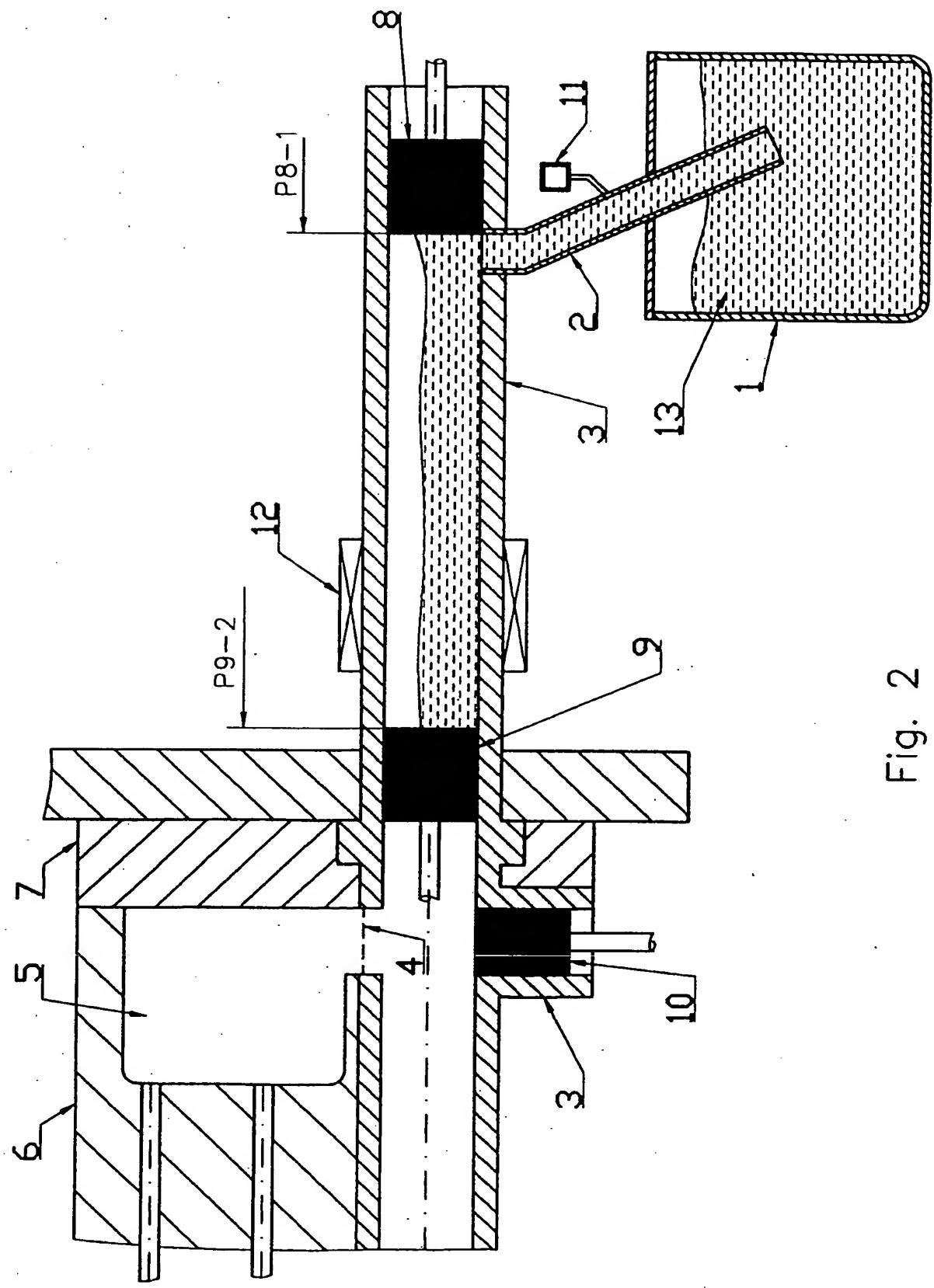


Fig. 2

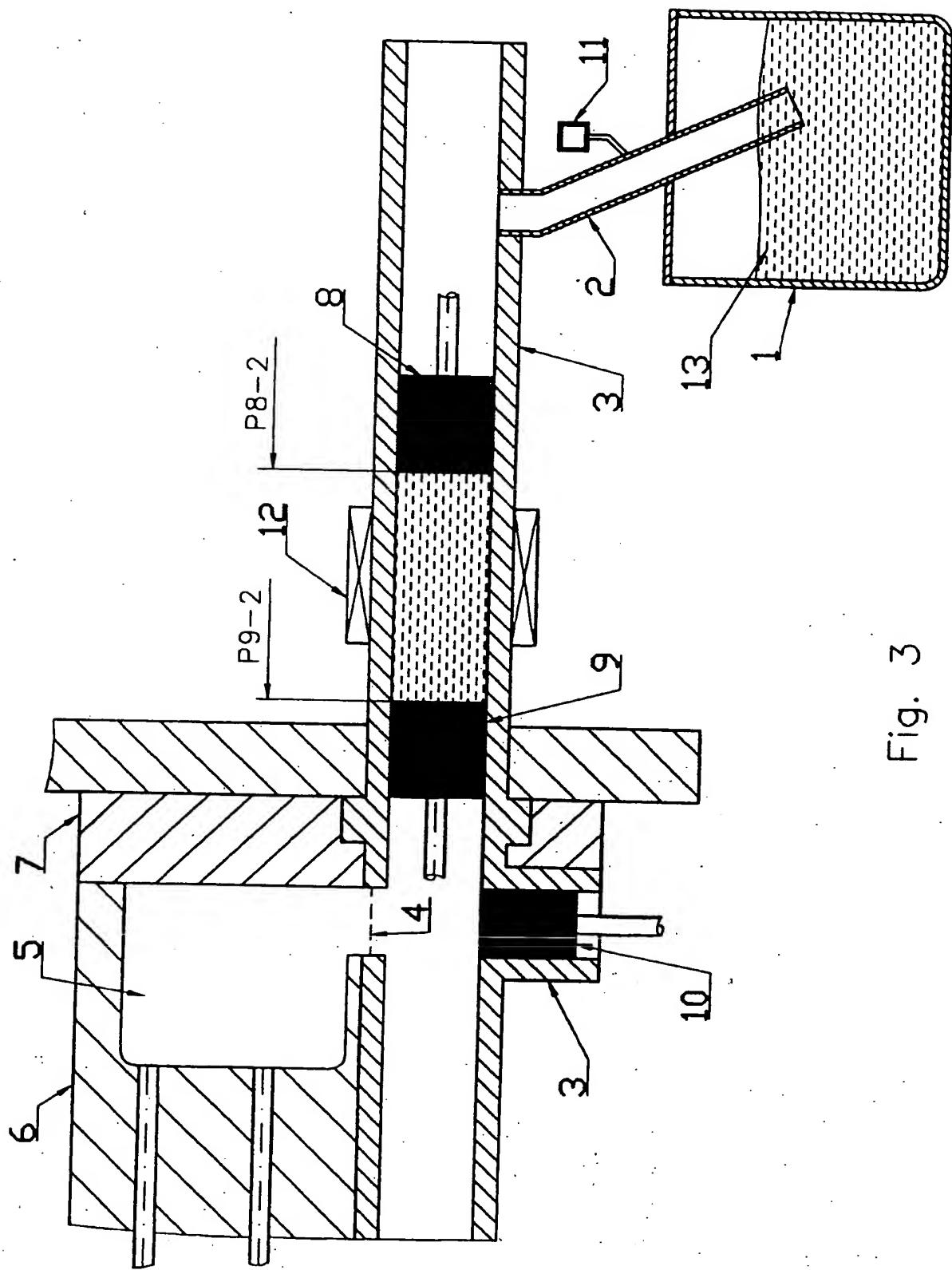


Fig. 3

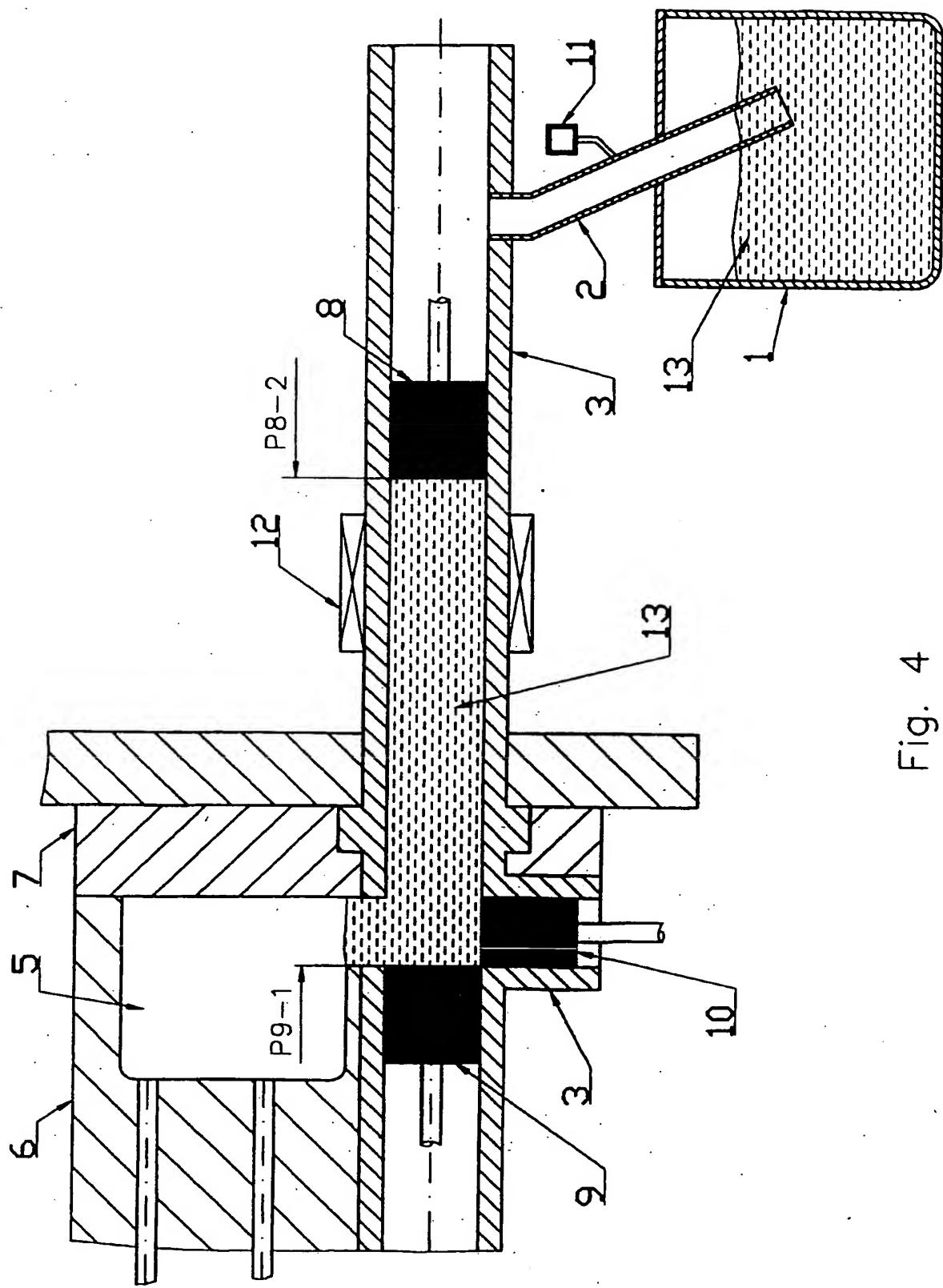


Fig. 4

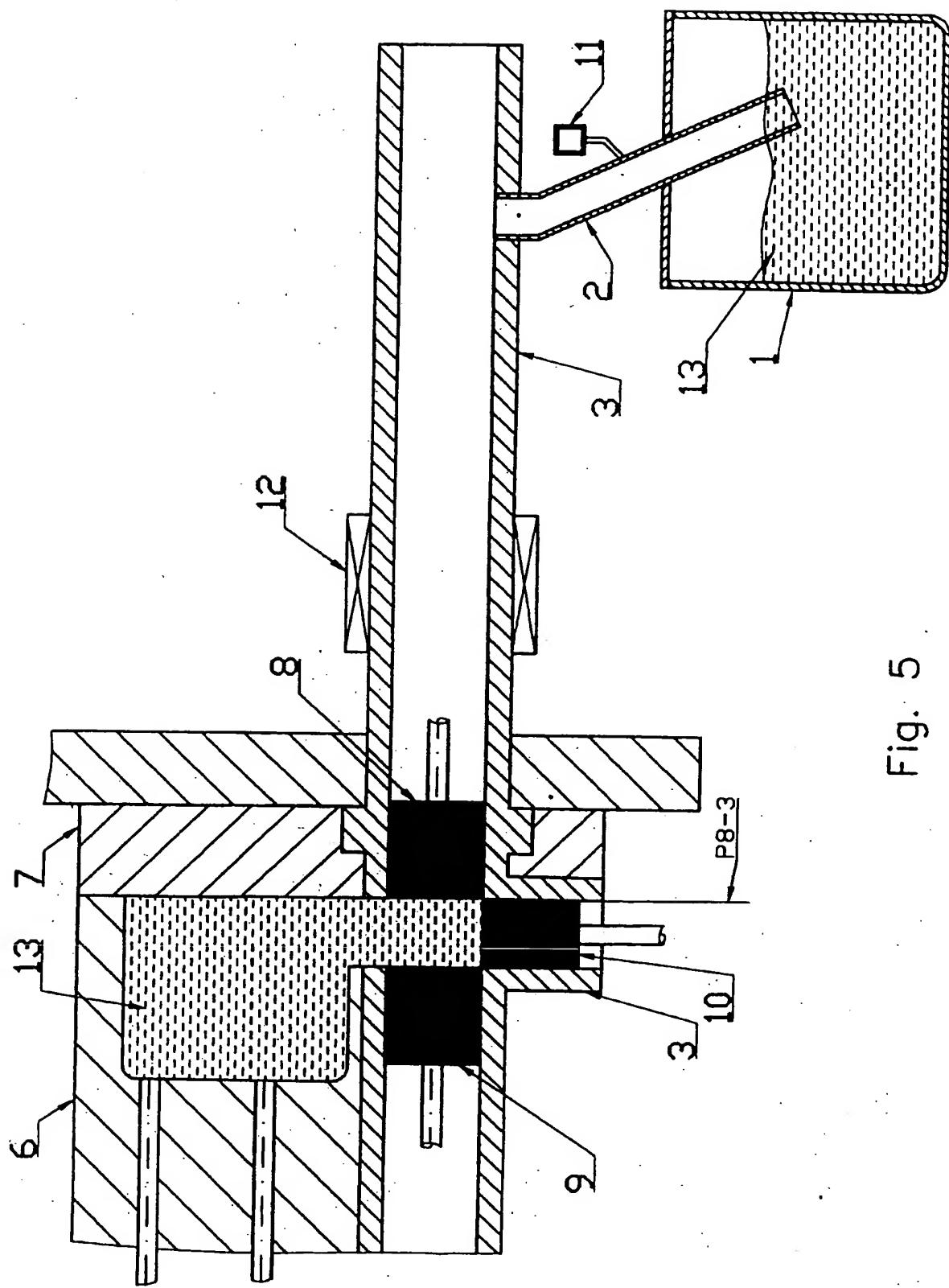


Fig. 5

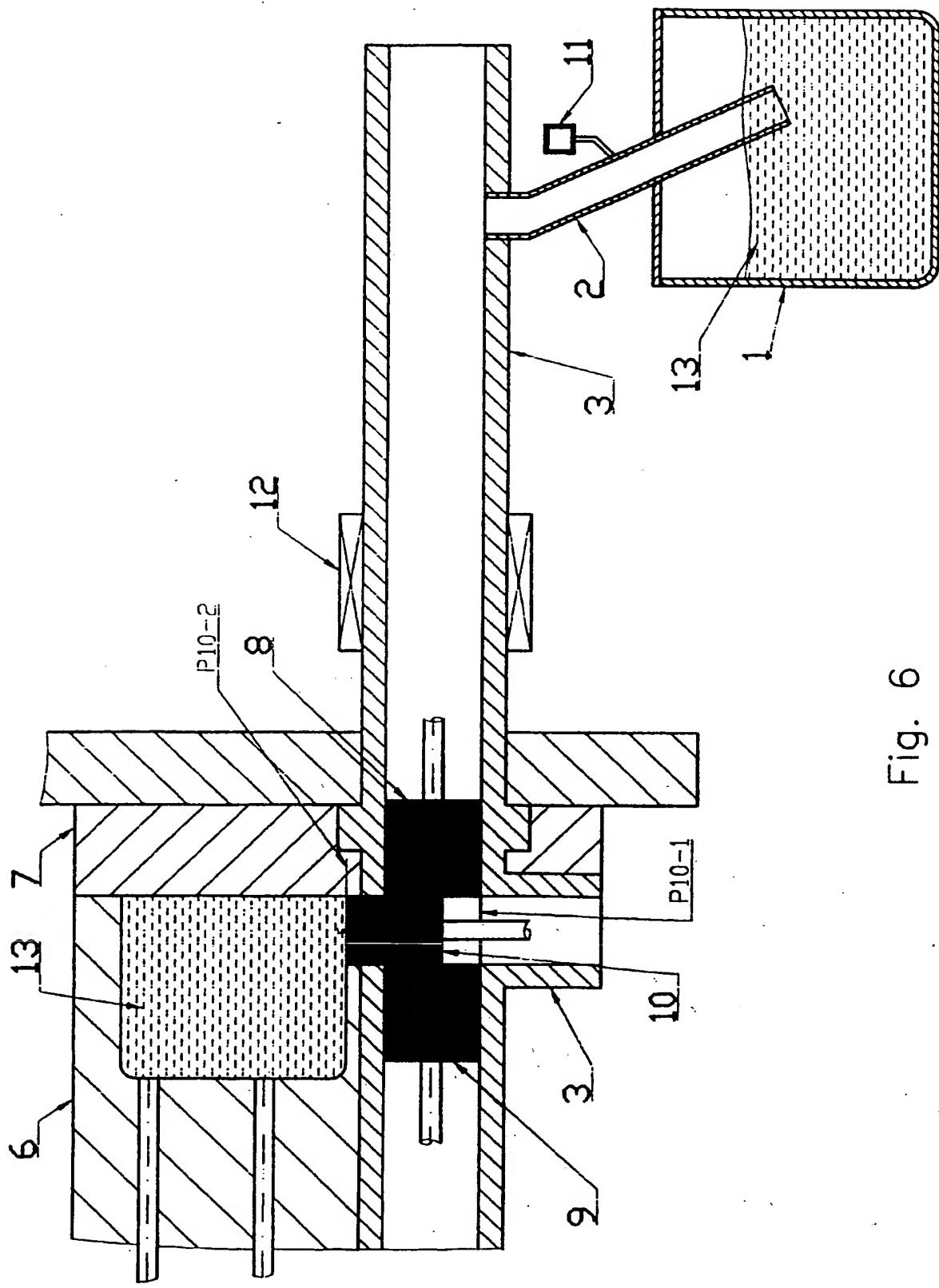


Fig. 6

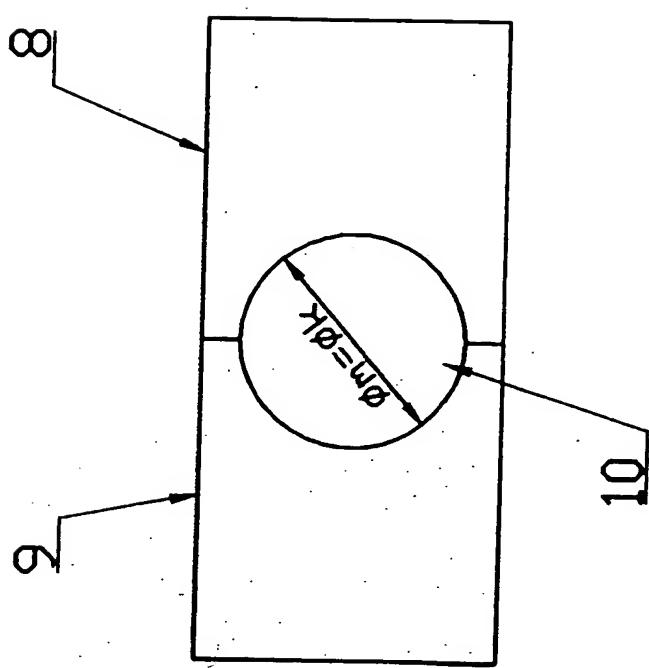


Fig. 7



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
P 99 10 7814

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE					
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)		
A, D	EP 0 733 421 A (HITACHI METALS, LTD.) 25. September 1996 (1996-09-25) * Ansprüche 1-18 *	1	B22D17/00		
A	DE 935 147 C (MAHLE-WERK G.M.B.H.) * Anspruch 1; Abbildungen 1-3 *	1			
A	DE 39 18 334 A (UBE INDUSTRIES, LTD.) 14. Dezember 1989 (1989-12-14) * Anspruch 1; Abbildungen 1-10 *	1			
A	FR 2 665 654 A (A.R.M.I.N.E.S.) 14. Februar 1992 (1992-02-14) * Anspruch 1; Abbildungen 1-16 *	1			
A	EP 0 496 219 A (MASCHINENFABRIK MÜLLER-WEINGARTEN AG ET AL.) 29. Juli 1992 (1992-07-29) * Anspruch 1; Abbildungen 1-4 *	1			
			RECHERCHERIEDE SACHGEBiete (Int.Cl.7)		
			B22D		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Recherchenort	Abgeschlußdatum der Recherche	Prüfer			
BERLIN	28. September 1999	Sutor, W			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE					
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze				
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist				
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument				
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument				
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument				

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 10 7814

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-09-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 733421	A	25-09-1996		JP 8257722 A		08-10-1996
				JP 9157781 A		17-06-1997
DE 935147	C			KEINE		
DE 3918334	A	14-12-1989		JP 1313176 A		18-12-1989
				JP 1937264 C		09-06-1995
				JP 6067545 B		31-08-1994
				US 4997027 A		05-03-1991
FR 2665654	A	14-02-1992		KEINE		
EP 496219	A	29-07-1992		DE 4101592 A		23-07-1992
				DE 59202176 D		22-06-1995
				ES 2074738 T		16-09-1995
				JP 6126415 A		10-05-1994
				US 5201358 A		13-04-1993

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82